

Г. И. МАХОНИНА, Т. С. ЧИБРИК

**АГРОХИМИЧЕСКАЯ И ГЕОБОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ГИДРООТВАЛОВ ЧЕЛЯБИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА**

При открытом способе добычи угля, в зависимости от способа складирования внешних отвалов, различают отвалы железнодо-
рожные, автоотвалы, гидроотвалы вскрышных пород, гидроотвалы
с обогатительных установок и углемоек. Производство вскрышных
работ гидравлическим способом ведется только в летнее время.
Вскрышные породы размываются с помощью гидромониторов
струей воды под большим давлением (130—150 атм.). Размытые,
обычно верхние и средние, горизонты вскрышных пород в виде
пульпы поступают по трубопроводам большого диаметра на гидро-
отвалы. Последние окружены дамбами и водосборными каналами
и представляют поля правильной геометрической формы с почти
абсолютно ровной поверхностью, формирующейся после слива
избыточной влаги в гидроотстойник. С обогатительных установок
и углемоек в гидроотвалы попадают в основном породы
надугольных пластов. Формирование гидроотвалов с углемоек не-
сколько сложнее. Уголь, содержащий породы и требующий обога-
щения, поступает на особые склады, так называемые склады раз-
убоживания угля. С помощью гидромониторов этот уголь размы-
вается и в виде пульпы по трубопроводам поступает на углемойку,
где происходит обогащение. Обогащенный уголь направляется по-
требителям, а оставшаяся порода, содержащая значительную при-
месь угольных частиц, с углемоек по трубопроводам поступает
на гидроотвалы. Действующие отвалы разделены на секции. Одна
или несколько секций гидроотвала используются как отстойники,
из которых осветленная вода по трубам спускается в водоем.
Гидроотвалы, на которых прекращен намыв пульпы, постепенно
высыхают за счет испарения воды с поверхности и фильтрации
ее через дамбы в водоотводные каналы. Местность в районах рас-
положения гидроотвалов нарушена многочисленными дамбами
и каналами, вследствие чего последующее комплексное использо-
вание этих территорий вызывает определенные затруднения.

Следовательно, по внешнему виду гидроотвалы представляют
собой окруженные дамбами ровные площади значительных раз-
меров (в нашем случае от 58 до 176 га). Мощность намытого слоя
в них колеблется от 3 до 10 м. Кроме этого, важной особенностью

гидроотвалов является отсутствие крупномерного материала, однородность образующихся грунтосмесей и длительное переувлажнение после прекращения намыва пульпы.

Перед нами стояла задача дать характеристику гидроотвалов как своеобразного экотопа для произрастания растений и определить пригодность этих площадей для целей биологической рекультивации. Работа проводилась на гидроотвалах Челябинского буроугольного бассейна, общая характеристика которых приведена в табл. 1. На гидроотвалах проведено геоботаническое описание растительности по общепринятым методикам и отобраны образцы грунтов. Образцы отбирались и анализировались по методикам, охарактеризованным в статье авторов (см. настоящий сборник, стр. 116).

При рекогносцировочном обследовании гидроотвалов установлено, что они резко разделяются на две группы по темпам и интенсивности естественного зарастания. Из десяти обследованных гидроотвалов пять (4, 5, 7, 9, 10 по табл. 1) имеют хорошо сформированный растительный покров, в то время как остальные

Таблица 1

Общая характеристика гидроотвалов Челябинского буроугольного бассейна

Номер гидроотвала	Название	Площадь, га	Возраст, лет	Растительность
	Углемочные гидроотвалы			
1	Еманжелинский юго-восточный, I секция	59	10	Галофитная пионерная растительная группировка То же »
2	Еманжелинский юго-восточный, II секция		15	
3	Еманжелинский юго-восточный, III секция		15	
6	Еманжелинский северный, действующий	176	1	Отсутствует
8	Коркинский	58	13	Заросли тростника и мать-и-мачехи
	Вскрышные гидроотвалы			
4	Еманжелинский северо-западный	166	24	Разнотравно-клеверно-вейниковый сложный фитоценоз
5	Еманжелинский юго-западный		16	
7	Еманжелинский северо-восточный	63	23	Разнотравно-бескильничевая сложная растительная группировка
9	Красносельский старый	101	20	Разнотравно-бобово-злаковый сложный фитоценоз
10	Красносельский «молодой»		13	

(1, 2, 3, 6 и 8) зарастают чрезвычайно медленно. Первые пять образованы при гидровскрыше, в отвалы второй группы намыв породы производился с углемоек. В последующем гидроотвалы, образованные при гидровскрыше, мы будем называть вскрышными, а после обогащения угля — углемоечными.

Как указано, гидроотвалы с углемоек зарастают медленно. На старых 10—15-летних гидроотвалах по характеру растительности можно выделить три части (зоны), очень различные по увлажнению. Участки гидроотвала, залитые водой (10—50 см), покрыты довольно густыми зарослями тростника обыкновенного (сор₂). Хорошо выделяется переходная зона между залитой водой и высохшей частями поверхности. Она хорошо увлажнена и покрыта зарослями тростника (сор₁ — ср) с мать-и-мачехой (сор₁ гр — ср гр) в нижнем ярусе. Проективное покрытие поверхности на этих участках до 80%. Высохшие раньше участки зарастают хуже. На них зафиксированы галофитные пионерные растительные группировки с общим проективным покрытием поверхности отвала растительностью 10—15%. В их составе встречаются тростник, бескильница расставленная, солянка холмовая, щетинник зеленый, птичья гречишка, сосорья горькая, лебеда прибрежная и мать-и-мачеха (обилие сол_{гр} — ср). Такое медленное зарастание относительно старых по возрасту (более 10 лет) углемоечных гидроотвалов можно объяснить некоторыми агрохимическими свойствами грунтосмесей. По нашим данным (табл. 2), все углемоечные гидроотвалы Челябинского бурогоугольного бассейна засолены. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Содержание солей по слоям разрезов увеличивается снизу вверх, что указывает на продолжающееся засоление гидроотвалов, видимо, вследствие испарения остаточной воды, находящейся на гидроотвале, и непромывного режима района по климатическим условиям.

По величине рН водной и солевой вытяжки (5—8) углемоечные отвалы благоприятны для многих растений. Следует также отметить значительное содержание подвижных форм K_2O (5—19 мг/100 г) и P_2O_5 (15—100). При этом количество K_2O на старых гидроотвалах повышается к верхнему слою (0—2 см), что может быть связано как с процессами продолжающегося засоления верхних слоев при высыхании гидроотвалов, так и с жизнедеятельностью растений. Для фосфора такая зависимость не наблюдается. В субстратах всех гидроотвалов определяется углерод (0,12—2,30%), по-видимому, в основной части угольного происхождения. Содержание общего азота колеблется от 0,04 до 0,20%. По объемному весу и полевой влажности субстраты углемоечных гидроотвалов сравнимы с зональными почвами (Гречин и др., 1964). Результаты спектрального анализа грунтов углемоечных гидроотвалов приведены в табл. 3. Как видно, содержание большинства микроэлементов находится в пределах нормы, за исключением Cu, Zn, Mn и As. Эти микроэлементы содержатся в повышенных количествах, выходящих за пределы колебаний, обычных для

Таблица 2

Агрохимическая характеристика углемечных гидротвалов

Название гидротвала	Номер	Возраст, лет	Глубина взятия образца, см	Полевая влага, %	Гигроскопическая влага, %	Углерод по Тюрину, %	Р ₂ O ₅ , мг/100 г		pH		Сухой остаток, %	Объемный вес, г/см ³
									водный	солевой		
Еманжлинский	2	15	0-2	19,5	7,01	1,30	50,0	—	7,2	6,0	2,25	1,20
			2-7	26,7	5,14	1,20	37,5	5,5	7,6	6,0	0,48	1,20
			7-20	29,3	4,77	1,30	37,5	5,5	8,0	6,0	0,32	1,20
То же	3	15	0-2	26,2	5,07	0,44	50,0	19,1	7,3	6,0	1,90	1,30
			2-7	32,3	6,87	0,12	50,0	11,0	7,6	6,0	0,65	1,30
			7-20	44,9	5,44	0,55	75,0	7,3	7,8	7,0	0,40	1,10
»	1	10	0-2	17,2	6,95	2,30	37,5	12,8	7,3	5,0	1,20	0,90
			2-7	31,2	8,85	2,50	50,0	5,5	7,7	5,0	0,64	0,60
			7-20	29,6	5,22	1,70	50,0	6,0	7,0	5,0	1,02	1,10
»	6	1	0-2	38,1	9,46	1,10	15,0	5,7	8,0	8,0	3,70	1,20
			2-7	42,0	5,13	0,94	15,0	10,5	8,0	8,0	0,86	0,97
			7-20	40,9	5,36	0,90	25,0	6,7	8,1	8,0	0,74	1,10
Коркинский	8	13	0-2	10,1	6,75	1,71	50,0	5,5	6,5	5,0	2,60	0,90
			2-7	13,8	5,91	1,38	100,0	8,8	7,3	5,0	1,40	0,90
			7-20	23,1	4,46	1,17	75,0	7,3	7,5	5,0	0,65	0,90

Таблица 3
Содержание микроэлементов в грунтах Еманжельских углемоющих гидроотвалов, п. 10-3, %

№ гидроотва- лов	Возраст, лет	Глубина вз- ятия образца, см	Cu	Zn	Pb	As	Sn	Mo	Cr	Ni	Co	Ba	Sr	P	Mn	V	Ti	Ge
1	10	0-2	10	20	1,5	7	0,2	0,5	10	7	1,5	150	50	100	100	15	300	—
		2-7	10	30	2,0	10	0,2	1	10	15	2,0	200	70	200	150	20	500	—
		7-20	15	30	1,0	7	0,2	0,3	15	7	1,5	100	30	300	30	15	200	0,2
2	15	0-2	15	45	1,5	5	0,2	0,3	10	7	1,5	100	50	150	50	15	300	0,2
		2-7	10	10	0,7	3	0,2	0,2	5	5	1,0	70	20	150	30	15	200	0,2
		7-20	15	20	1,0	5	0,2	0,2	5	7	1,0	50	20	300	30	15	200	0,2
3	15	0-2	15	15	1,0	5	0,2	0,3	5	5	1,0	50	20	200	20	15	200	0,2
		2-7	15	15	0,7	5	0,2	0,3	5	5	1,0	50	15	200	20	15	150	0,2
		7-20	15	15	0,7	5	0,2	0,2	3	5	0,5	30	5	200	20	10	100	0,2
6	1	0-2	7	10	1,5	3	0,3	0,5	10	7	2,0	100	70	—	50	10	500	—
		2-7	10	10	1,5	5	0,3	0,3	10	7	1,5	70	50	—	50	15	500	—
		7-20	10	15	2,0	5	0,3	0,7	15	15	3,0	200	150	—	100	20	700	—

зональных почв. Возможно, они будут оказывать отрицательное влияние (особенно As) на поселение растительности.

Вскрышные гидроотвалы зарастают растительностью интенсивно. Возраст всех обследованных гидроотвалов значительный (13—23 года) и растительность на них довольно однородная. Почти на всех вскрышных гидроотвалах отмечены разнотравно-злаковые сложные фитоценозы (см. табл. 1) с более или менее равномерным распределением растительности. Поселения древесных растений не наблюдались. Существенное влияние на ход естественного зарастания гидроотвалов оказывает ежегодный чрезмерный выпас скота. Травостой низкий. Сильным стравливанием, в частности, можно объяснить, что на 23-летнем Еманжелинском северо-восточном гидроотвале (№ 7, табл. 1) формирование фитоценозов задерживается. Несмотря на значительный возраст, на этом отвале зафиксированы разнотравно-злаковые сложные растительные группировки [*Puccinellia distans* (cop₁ — cop₂) + *Calamagrostis epigeios* (sp_{gr}) + *Poa pratensis* (sp_{gr}) + *Potentilla anserina* (sp_{gr})] с проективным покрытием поверхности отвала растительностью только 40—50% при задерненности 30—40%. Распределение растительности раздельно-групповое. В виде куртин встречаются вейник наземный, мятлик луговой, клевер ползучий, лапчатка гусиная и сосюра горькая; более интенсивно идет естественное зарастание на изолированном от выпаса Красносельском «молодом» гидроотвале (№ 10 — 13 лет), где за 13 лет сформировался разнотравно-клеверно-полевицевый сложный фитоценоз [*Agrostis alba* (cop₁ — cop₂) + *Poa pratensis* (sp) + *Trifolium repens* (cop₁ — cop₂)] с проективным покрытием 90—100%, задерненностью 70—80%. На рядом же расположенном Красносельском «старом» (№ 9 — 20 лет) к настоящему времени сформировался разнотравно-бобово-злаковый сложный фитоценоз [*Poa pratensis* (sp — cop₁) + *Agropyrum repens* (sp — cop₁) + *Trifolium repens* (sp) + *Tr. pratensis* (sp)], травостой сильно стравлен скотом (проективное покрытие 70—80%, задернение 50—60%).

На темп и интенсивность естественного зарастания оказывает отрицательное влияние длительное переувлажнение. Этим, на наш взгляд, объясняется наличие менее сформированного растительного покрова на Еманжелинском северо-западном гидроотвале (№ 4 — 24 года) по сравнению с расположенным рядом юго-западным (№ 5 — 15 лет). Породный состав этих отвалов одинаков. Однако на 15-летнем сформировался разнотравно-бобово-мятликовый сложный устойчивый фитоценоз [*Poa pratensis* (cop₃) + *Medicago lupulina* (cop₁) + *Trifolium pratensis* (sp)] с проективным покрытием 90—100% и задерненностью 80%, а на северо-западном 24-летнем, длительно переувлажненном — разнотравно-клеверно-вейниковый [*Calamagrostis epigeios* (cop₂) + *Agrostis vulgaris* (sp) + *Poa pratensis* (sp_{gr}) + *Agropyrum repens* (sp) + *Trifolium repens* (sp — cop₁) + *Tr. pratensis* (sp)] с проективным покрытием 80—90% и задерненностью 60%.

Сравнительная характеристика флористического состава травостоя вскрышных гидротвалов Челябинского бурогольного бассейна*

Номер гидро-, отвалов	Возраст, лет	Общее проективное покрытие, %	Общее количество видов	Состав компонентов											
				ботанический			экобноморфы			ценопиты			экотипы		
				злаки	бобовые	разнотравье	терофиты	гемикриптофиты	геофиты	луговые	лугово-степные и степные	сорные	мезофиты	мезоксерофиты	ксерофиты
9	20	70—80	$\frac{27}{100}$	$\frac{5}{18,5}$	$\frac{4}{14,9}$	$\frac{18}{66,6}$	$\frac{2}{7,4}$	$\frac{19}{70,4}$	$\frac{6}{22,2}$	$\frac{11}{40,7}$	$\frac{7}{6,0}$	$\frac{9}{33,3}$	$\frac{12}{44,4}$	$\frac{8}{29,6}$	$\frac{6}{22,2}$
10	13	90—100	$\frac{27}{100}$	$\frac{7}{25,7}$	$\frac{2}{7,7}$	$\frac{18}{66,6}$	$\frac{2}{7,4}$	$\frac{17}{63,0}$	$\frac{8}{29,6}$	$\frac{14}{51,8}$	$\frac{2}{7,4}$	$\frac{10}{37,0}$	$\frac{12}{44,4}$	$\frac{6}{22,2}$	$\frac{6}{22,2}$
4	24	80—90	$\frac{32}{100}$	$\frac{7}{21,9}$	$\frac{7}{21,9}$	$\frac{18}{56,2}$	$\frac{3}{9,4}$	$\frac{22}{68,7}$	$\frac{7}{21,9}$	$\frac{18}{56,2}$	$\frac{6}{18,7}$	$\frac{7}{21,8}$	$\frac{15}{46,9}$	$\frac{11}{34,4}$	$\frac{5}{15,6}$
5	15	90—100	$\frac{33}{100}$	$\frac{7}{21,2}$	$\frac{7}{21,2}$	$\frac{19}{57,6}$	$\frac{5}{15,1}$	$\frac{22}{66,7}$	$\frac{6}{18,2}$	$\frac{15}{45,4}$	$\frac{6}{18,2}$	$\frac{11}{33,3}$	$\frac{17}{51,5}$	$\frac{10}{30,3}$	$\frac{5}{15,1}$
7	23	40—50	$\frac{34}{100}$	$\frac{4}{11,8}$	$\frac{4}{11,8}$	$\frac{26}{76,4}$	$\frac{10}{29,4}$	$\frac{17}{50,0}$	$\frac{7}{20,6}$	$\frac{12}{35,2}$	$\frac{7}{20,6}$	$\frac{13}{38,2}$	$\frac{13}{38,2}$	$\frac{14}{41,2}$	$\frac{6}{17,6}$

* В числителе — абсолютное количество видов, в знаменателе — % от общего числа.

Сравнительная характеристика флористического состава вскрышных гидроотвалов представлена в табл. 4. По обилию на всех гидроотвалах доминируют злаки, но по количеству видов преобладает разнотравье. Биологический спектр рассматриваемых гидроотвалов сходен: гемикриптофиты составляют 50—70%, геофиты 18—30%, а терофиты 7—30%. Наибольшая доля терофитов отмечена на северо-восточном гидроотвале, подверженном чрезмерному выпасу. В фитоценоотическом отношении на всех вскрышных гидроотвалах преобладают луговые виды, но на Еманжелинских гидроотвалах значительна доля лугово-степных и степных (10—20%). Сорняки составляют 22—40% от общего числа видов. На всех вышеназванных гидроотвалах количественно преобладают мезофиты (38—50%), однако суммарная доля участия двух других групп — ксеромезофитов и мезоксерофитов — также значительна (от 44 до 59%). Это указывает на некоторую ксерофитизацию растительности и приближение ее к зональным лесостепным фитоценозам. Не исключена, впрочем, возможность, что это является следствием чрезмерного выпаса скота.

Вскрышные гидроотвалы в отличие от углемоечных практически не засолены. Исключение составляет нижний слой (7—20 см) Еманжелинского гидроотвала № 4, в который, видимо, случайно попали засоленные породы угленосных толщ (табл. 5). По содержанию подвижных форм P_2O_5 и K_2O вскрышные гидроотвалы относятся к среднеобеспеченным (P_2O_5 от 12,5 до 50 мг и K_2O от 5,3 до 19 мг/100 г субстрата). По величине объемного веса и полевой влаги вскрышные гидроотвалы сходны с зональными почвами (Гречин и др., 1964).

В отличие от углемоечных, вскрышные гидроотвалы исходно не содержат угленосных пород, и углерод, обнаруженный в слоях разрезов, образовался в ходе современных начальных этапов почвообразования. Несмотря на то, что возраст всех гидроотвалов довольно велик (табл. 1), содержание углерода в благоприятных по всем агрохимическим показателям грунтах сравнительно невелико (0,15—0,44%). Содержание же углерода в более молодом, 13-летнем Красносельском гидроотвале выше (1,0—1,43%). Такие различия в содержании углерода в образующихся почвах можно объяснить тем, что, как указывалось при описании растительности, все Еманжелинские вскрышные гидроотвалы и более старый Красносельский (20 лет) интенсивно используются как пастбища, тогда как 13-летний Красносельский менее доступен для выпаса.

Сравнивая количество микроэлементов во вскрышных (см. табл. 6) и углемоечных (см. табл. 3) гидроотвалах, можно заметить, что во вскрышных оно несколько ниже, чем в углемоечных, но также находится в пределах среднего содержания микроэлементов в разных типах почв, за исключением As.

Подводя итог, можно сказать, что углемоечные сильно засоленные гидроотвалы неблагоприятны для произрастания растений и при проведении биологической рекультивации нуждаются в ме-

Таблица 5

Агрохимическая характеристика вскрышных гидроотвалов

Название гидроотвала	Номер	Возраст, лет	Глубина взятия образца, см	Полевая влага,		Гигроскопическая влага, %	Углерод по Тюрину,	P ₂ O ₅	K ₂ O	рН		Сухой остаток, %	Объемный вес, г/см ³
				%	мг/100 г					водный	солевой		
						Глубина взятия образца, см	Полевая влага, %						
Еманжелинский	4	23	0-2	33,1	6,46	0,15	15,0	5,5	7,5	5,0	0,10	0,8	
			2-7	27,8	3,76	нет	15,0	6,3	6,8	5,0	0,12	1,0	
			7-20	21,6	5,26	нет	12,5	5,7	7,7	8,0	0,41	1,1	
То же	7	23	0-2	20,4	6,82	0,22	15,0	11,5	8,4	8,0	0,07	1,0	
			2-7	8,5	6,66	0,29	15,0	6,7	8,4	8,0	0,08	1,3	
			7-20	12,1	6,31	0,44	16,0	5,7	8,5	8,0	0,05	1,2	
То же	5	15	0-2	16,1	7,24	0,30	12,5	12,2	8,3	8,0	0,04	1,2	
			2-7	24,5	7,56	0,14	2,5	7,5	8,2	8,0	0,05	1,2	
			7-20	18,8	6,77	0,35	12,5	5,3	8,5	8,0	0,06	1,2	
Красносельский	9	20	0-2	18,7	8,54	0,40	37,5	19,0	8,0	7,0	0,05	0,9	
			2-7	24,0	8,45	0,37	10,0	16,7	7,8	7,8	0,07	0,7	
			7-20	23,4	7,80	0,24	10,0	11,0	7,5	7,5	0,13	0,9	
То же	10	13	0-2	16,0	9,36	1,42	15,0	17,5	7,6	7,6	0,13	0,6	
			2-7	56,0	100,00	1,43	10,0	10,5	7,9	7,9	0,19	1,0	
			7-20	65,4	10,20	1,02	12,5	7,5	8,4	8,0	0,30	0,7	
			20-24	75,3	10,41	1,25	50,0	7,5	8,4	8,0	0,15	0,8	

Таблица 6
Содержание микроэлементов в грунтах Емашелинских и Красносельских вскрышных гидроставов, п.10—3 %

Номер гидростав	Возраст, лет	Глубина взятия образца, см	Cu	Zn	Pb	As	Sn	Mo	Cr	Ni	Co	Ba	Sr	P	Mn	V	Ti	Ge
4	24	0-2	3	10	1,0	3	0,2	0,3	3	3,0	0,7	20	2	—	30	10	70	0,3
		2-7	3	15	1,5	3	0,3	0,5	10	3,0	0,7	50	7	—	30	15	100	0,2
		7-20	3	10	1,5	3	0,3	0,5	10	5,0	0,7	30	15	—	30	15	150	0,2
5	15	0-2	5	5	2,0	3	0,3	0,3	10	7,0	1,0	70	70	—	50	10	500	—
		2-7	5	7	2,0	2	0,3	0,3	10	7,0	1,5	100	100	—	50	10	500	—
		7-20	5	5	2,0	2	0,3	0,3	10	7,0	1,5	100	100	—	70	10	500	—
7	23	0-2	7	10	2,0	3	0,3	0,5	15	10,0	2,0	150	150	—	70	15	700	—
		2-7	7	7	1,5	3	0,3	0,5	15	10,0	1,5	100	150	—	70	15	500	—
		7-20	5	5	1,5	3	0,3	0,5	15	7,0	1,5	70	100	—	50	15	500	—
9	20	0-2	5	10	0,7	3	0,2	0,2	5	2,0	0,2	20	7	100	20	15	150	0,2
		2-7	7	10	0,7	5	0,2	0,3	7	3,0	0,2	20	7	100	20	20	200	0,2
		7-20	7	10	1,0	5	0,2	0,3	7	3,0	0,2	15	5	150	15	15	150	0,3
10	13	0-2	7	10	1,0	3	0,3	0,3	10	5,0	1	20	10	—	30	20	200	—
		2-7	7	10	0,7	3	0,2	0,3	7	3,0	0,5	20	5	—	30	20	200	0,2
		7-20	5	10	0,7	3	0,2	0,3	7	3,0	0,3	15	2	—	30	15	150	0,2
		20-40	3	7	0,5	3	0,2	0,3	5	1,5	0,2	10	2	—	20	15	100	0,2

лиорации. При этом надо учесть, что на этих гидроотвалах вследствие постепенного высыхания продолжается засоление верхних корнеобитаемых слоев.

Вскрышные же гидроотвалы как видно из агрохимических свойств и процессов естественного зарастания, вполне пригодны для сельскохозяйственного использования. Однако биологическая продуктивность их и скорость почвообразования могла быть значительно выше при исключении чрезмерного выпаса.

Сопряженное изучение процессов естественного зарастания и агрохимических свойств грунтосмесей, в первую очередь, накопления углерода, показывает тесную положительную корреляцию этих двух процессов.

ЛИТЕРАТУРА

Арянушкина Е. В., 1970. Руководство по химическому анализу почв. МГУ.

Гречин И. П., Кауричев И. С., Никольский Н. Н., Панов Н. П., Поддубный Н. Н., 1964. Практикум по почвоведению. М., «Колос».

Бабушкин А. А. и др., 1962. Методы спектрального анализа. МГУ.